



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Off nlegungsschrift  
10 DE 198 44 975 A 1

51 Int. Cl.7:  
G 01 M 1/14  
G 01 M 1/04  
G 01 L 1/08

21 Aktenzeichen: 198 44 975.5  
22 Anmeldetag: 30. 9. 1998  
43 Offenlegungstag: 23. 3. 2000

66 Innere Priorität:  
198 39 976. 6 02. 09. 1998  
71 Anmelder:  
Hofmann Werkstatt-Technik GmbH, 64319  
Pfungstadt, DE  
74 Vertreter:  
Nöth, H., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 80335 München

72 Erfinder:  
Geobel, Eckhart, 64319 Pfungstadt, DE

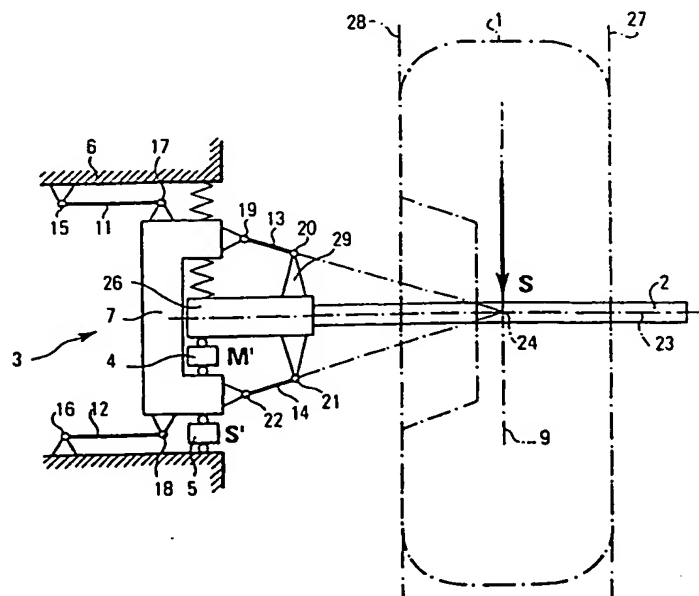
56 Entgegenhaltungen:  
DE-AS 16 98 164  
DE-AS 10 44 531  
DE-AS 10 27 427  
DE 33 32 978 A1  
DE 33 30 880 A1  
EP 03 43 265 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Vorrichtung zur Messung von Kräften, welche durch eine Unwucht eines Rotors erzeugt werden

57 Eine Vorrichtung zur Messung von Kräften, welche durch eine Unwucht eines Rotors 1, insbesondere Kraftfahrzeugrades, erzeugt werden, mit einer drehbar um ihre Achse 23 gelagerten Meßwelle 2, an welcher der Rotor 1 für die Messung befestigt wird, und einer Kraftmeßgeber 4, 5 aufweisenden Lagerung 3 der Meßwelle 2 an einem ortsfesten Rahmen 6, wobei die Lagerung 3 einen Zwischenrahmen 7 aufweist, an welchem die Meßwelle 2 über einen ersten Kraftmeßgeber 4 und wenigstens eine virtuelle Lagerstelle 24 abgestützt ist und der Zwischenrahmen 7 am ortsfesten Rahmen 6 über einen weiteren Kraftmeßgeber 5 abgestützt ist. Hierdurch wird eine gegenüber herkömmlichen Maschinen mit fliegender Lagerung reduzierte Kräftedynamik erreicht.



DE 198 44 975 A 1

DE 198 44 975 A 1

## Beschreibung

## [Stand der Technik]

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Bei einer derartigen, beispielsweise aus der EP 0 133 229 A1 bekannten Vorrichtung, die zum Auswuchten von Kraftfahrzeugrädern dient, wird der zu messende Rotor auf einer drehbar gelagerten Meßwelle befestigt. Die Meßwelle ist in einer Kraftmeßgeber aufweisenden Lagerung, welche starre Lager bildet, an einem ortsfesten Rahmen abgestützt. Zur Erzielung eines dynamischen Unwuchtausgleichs sind zwei Lagerebenen, in denen auch die Kraftmeßgeber angeordnet sind, in der Lagerung der Meßwelle vorgesehen. Die bei den bekannten Vorrichtungen in den Lagerebenen an den Meßorten vorgesehenen Kraftmeßgeber liefern Meßgebersignale, die proportional den Fliehkräften sind, die aus der Rotorunwucht resultieren und in den Lagerebenen bzw. an den Meßorten die von den Meßgebern gemessenen Reaktionskräfte hervorrufen. Bei den herkömmlichen Standardmeßsystemen für Radauswuchtmaschinen ist für die Meßwelle und den darauf aufgespannten Rotor eine fliegende Lagerung üblich. Die Umrechnung auf die beiden Ausgleichsebenen am Rotor für den dynamischen Unwuchtausgleich erfolgt aufgrund der Kraft-Hebel-Gesetze der Statik. Die von den Kraftmeßgebern in den beiden Lagerebenen gemessenen Kräfte sind daher abhängig vom jeweiligen Abstand, den der Rotor zu den beiden Kraftmeßgebern hat. Da diese Abstände unterschiedlich groß sind, ergibt sich bei der Änderung der Empfindlichkeit eines der beiden Meßwandler aufgrund unterschiedlicher Einwirkungen, z. B. durch Temperatur, Alterung, Schlag, Überlastung, Transporterschütterung, Feuchtigkeitseinfluß und dergl., ein überproportionaler Fehler bei den für die jeweiligen Ausgleichsebenen errechneten Ausgleichsmassen.

Aus der EP 0 058 860 B1 ist eine Auswuchtmaschine für Rotationskörper bekannt, bei welcher die Meßwelle auf einem senkrecht am Maschinenbett angeordneten elastisch nachgiebigem Flachteile drehbar gelagert ist. Hierzu ist das Drehlager der Meßwelle an der oberen Kante des Flachteils vorgesehen. Positionsauslenkungen des Flachteils werden über einen im rechten Winkel zum Flachteile verlaufenden Arm von Meßgebern erfaßt, deren Krafteinleitungsrichtungen senkrecht zueinander verlaufen. Der eine Meßgeber nimmt dabei den statischen Anteil auf, während der andere Meßgeber die aus der dynamischen Unwucht resultierenden Kräfte, welche eine Verdrehung des senkrechten elastisch nachgiebigen Flachteils um etwa eine Mittellinie bewirken, erfaßt.

Ferner ist aus der DE-AS 16 98 164 ein schwingungsmessendes (überkritisches) Meßsystem bekannt mit einer Lagerung für den Rotor auf schräg zueinander gestellten Blattfedern, deren Schnittpunkt in einer der Ausgleichsebenen des auszuwuchtenden Rotors liegt. Die beiden schräg zueinander gestellten Blattfedern sind über eine Zwischenplatte auf parallel zueinander angeordneten senkrecht stehenden Blattfedern gegen eine Grundplatte abgestützt. Mittels Schwingungsumformern werden die aus einer Rotorunwucht resultierenden Schwingungen der Blattfedern erfaßt und in entsprechende Meßsignale umgesetzt.

## [Aufgabe der Erfindung]

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, bei welcher eine Empfindlichkeitsänderung eines Meßwandlers sich aufgrund der oben erläuterten Kräftedynamik nur geringfügig auf den in

den Ausgleichsebenen vorzunehmenden Massenausgleich, beispielsweise durch anzubringende Ausgleichsgewichte, auswirkt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst.

Bei der Erfindung beinhaltet die Lagerung der Meßwelle einen Zwischenrahmen, welcher starr ausgebildet ist und an welchem die Meßwelle in einer einen Kraftmeßgeber aufweisenden Lagerebene abgestützt ist. Der Zwischenrahmen ist am ortsfesten Rahmen über einen weiteren Kraftmeßgeber abgestützt. Die beiden Kraftmeßgeber befinden sich somit in zwei Lagersystemen für eine kraftmessende Unwuchterfassung, wobei jeder Kraftmeßgeber einem der beiden Lagersysteme zugeordnet ist. Die beiden Lagersysteme befinden sich zwischen der Meßwelle und dem starren Rahmen, beispielsweise der Auswuchtmaschine, an welcher die Unwuchtmessung und der Unwuchtausgleich an einem Kraftfahrzeugrad vorgenommen wird. Die Kraftmeßgeber können dabei in verschiedenen, jedoch im Bereich des starren Zwischenrahmens liegenden Lagerebenen oder in einer gemeinsamen Lagerebene liegen.

Durch die Ausbildung der beiden oben erwähnten Lagersysteme ist wenigstens eine weitere Abstützung der Meßwelle vorgesehen, welche die Eigenschaft einer virtuellen Lagerstelle in einer weiteren Lagerebene hat. Es können auch zwei derartige Lagerebenen mit derartigen virtuellen Lagerstellen vorgesehen sein. Die virtuellen Lagerstellen können sich zu beiden Seiten des zu messenden Rotors befinden. Es ist jedoch auch möglich, nur eine eine virtuelle Lagerstelle aufweisende zusätzliche Lagerebene vorzusehen, welche sich bevorzugt zwischen den beiden Ausgleichsebenen des Rotors oder auch zwischen der Ebene, in der die Kraftmeßgeber liegen, und dem Rotor befindet.

In bevorzugter Weise sind die beiden Kraftmeßgeber in einer gemeinsamen Lagerebene, welche senkrecht zur Achse der Meßwelle verläuft, angeordnet. Die in den Kraftmeßgebern als Reaktionskräfte eingeleiteten Kräfte sind parallel, insbesondere koaxial, zueinander ausgerichtet und befinden sich in der gemeinsamen Lagerebene. Die Kraftmeßgeber können jedoch im Bereich der axialen Ausdehnung des Zwischenrahmens in unterschiedlichen Lagerebenen liegen.

Eine bevorzugte Ausführungsform besteht darin, daß die Meßwelle in einer ersten den Kraftmeßgeber aufweisenden Lagerebene und in einer zweiten die virtuelle Stützstelle aufweisenden Lagerebene am Zwischenrahmen abgestützt ist und daß der Zwischenrahmen in der einen Lagerebene über den zweiten Kraftmeßgeber am ortsfesten Rahmen abgestützt ist und ferner mittels einer Parallelführung am ortsfesten Rahmen angelenkt ist. Die die virtuelle Stützstelle aufweisende Lagerebene kann sich zwischen dem Rotor, insbesondere Kraftfahrzeugrad, und der Lagerebene, welche die beiden Kraftmeßgeber aufweist, oder bevorzugt zwischen den beiden Ausgleichsebenen des Rotors, insbesondere Kraftfahrzeugrades befinden.

Der Zwischenrahmen kann über ein Stützhebelpaar und Gelenken an den jeweiligen Enden der Stützhebel am ortsfesten Rahmen abgestützt sein. Auch die Meßwelle kann über ein Stützhebelpaar und Gelenken an den Hebelenden am Zwischenrahmen abgestützt sein. Die Achsen der jeweiligen Gelenke verlaufen senkrecht zu der Ebene, in welcher die in die Kraftmeßgeber eingeleiteten Kräfte und die Achse der Meßwelle liegen. Das Stützhebelpaar, welches den Zwischenrahmen am ortsfesten Rahmen abstützt, kann gleichzeitig die Parallelführung des Zwischenrahmens am ortsfesten Rahmen bewirken. Hierzu verlaufen die Stützhebel parallel zueinander. Es ist jedoch auch möglich, die Stützhebel im Winkel zueinander anzuordnen, wobei der Scheitel des

Winkels bevorzugt in der Achse der Meßwelle oder in der Nähe dieser Meßwellenachse liegt. Die Gelenke der Stützhebel liegen dann in den Ecken eines Trapezes der Grundrißanordnung der Stützhebel. Durch diese Anordnung wird die an der äußeren Seite des Rotors liegende virtuelle Lagerstelle geschaffen. Die innerhalb des Rotors, insbesondere zwischen den Ausgleichsebenen, liegende virtuelle Lagerstelle der Meßwelle am Zwischenrahmen kann ebenfalls durch im Winkel zueinander angeordnete Stützhebel, deren Gelenke in den Ecken eines Grundrißtrapezes der Stützhebelanordnung liegen, gebildet werden. In bevorzugter Weise sind die Stützhebel als biegesteife Flachteile, z. B. Blechteile, Gußteile, gewalzte Flachteile und dergleichen ausgebildet, welche zusammen mit den Gelenken gewährleisten, daß in die Meßgeber die gewünschte, beispielsweise im wesentlichen lineare und koaxial verlaufende Krafteinleitung erfolgt. Die Stützhebelanordnung, welche aus den Flachteilen gebildet ist, kann aus einem Stück hergestellt sein, wobei die Flachteile biegesteif ausgebildet sind und nur die dazwischenliegenden, im wesentlichen linienförmig verlaufenden Gelenke biegeelastisch sind. Die Gelenke können durch Schwachstellen, beispielsweise Einschnürungen zwischen den einzelnen biegeelastischen Flachteilen gebildet sein. Hierdurch werden biegeelastische Gelenkachsen zwischen den biegesteifen Flachteilen gebildet. Durch die entsprechende Anordnung, parallel oder im Winkel, werden dann, wie oben erläutert, die gewünschten virtuellen Lagerstellen, welche in den jeweiligen Lagerebenen linienförmig sich erstreckende Lagerachsen bilden, geschaffen.

Die virtuellen Lagerstellen sind auch die im Rahmenrechner der Auswuchtmaschine berücksichtigten Meßorte, welche virtuelle Meßorte darstellen.

#### [Beispiele]

Anhand der Figuren wird an Ausführungsbeispielen die Erfindung noch näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel;

Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel;

Fig. 3 ein drittes Ausführungsbeispiel;

Fig. 4 ein viertes Ausführungsbeispiel;

Fig. 5 ein fünftes Ausführungsbeispiel;

Fig. 6 ein sechstes Ausführungsbeispiel;

Fig. 7 eine Draufsicht auf eine Meßanordnung und Lagerung für die Meßwelle, wie sie bei den Ausführungsformen der Fig. 1, 3 und 5 zum Einsatz kommen kann;

Fig. 8 eine perspektivische Darstellung der Meßanordnung der Fig. 7 von vorne oben gesehen; und

Fig. 9 eine perspektivische Darstellung der Meßanordnung der Fig. 7 und 8 seitlich von oben gesehen.

In den Figuren ist in schematischer Darstellung ein Rotor 1 dargestellt, welcher zur Unwuchtmessung an einer Meßwelle 2 in bekannter Weise durch nicht näher dargestellte Spannmittel befestigt ist. Die Meßwelle 2 ist drehbar an einem ortsfesten Rahmen 6 gelagert. Es kann sich hier um den Maschinenrahmen einer Radauswuchtmaschine handeln. Die Lagerung erfolgt mit Hilfe einer im einzelnen noch zu beschreibenden Lagerung 3, welche auch Kraftmeßgeber 4, 5 aufweist. Die Lagerung 3 kann ein rohrförmiges Drehlager 26 aufweisen, in welchem die Meßwelle 2 drehbar gelagert ist. Das Drehlager 26, welches die Meßwelle 2 aufnimmt, ist in einer ersten Lagerebene 8 an einem Zwischenrahmen 7 über den Kraftmeßgeber 4 starr gelagert. Ferner wird durch Stützhebel 13, 14, die ein Stützhebelpaar bilden und im Winkel zueinander verlaufen, eine virtuelle Stützstelle 24 in einer weiteren Lagerebene 9 geschaffen. Die Stützstelle 24 wirkt wie eine Schwenkachse, welche senkrecht zur Achse 23 der Meßwelle 2 und senkrecht zur Krafteinleitungsrichtung

der aus der Unwuchtmessung resultierenden Reaktionskräfte in den Kraftmeßgeber 4 verläuft. An ihren Enden sind die Stützhebel 13 und 14 gelenkig (Gelenke 19 und 22) mit dem Zwischenrahmen 7 und gelenkig (Gelenke 20, 21) mit dem Drehlager 26 für die Meßwelle 2 verbunden. Die Gelenkachsen der Gelenke 19 bis 22 verlaufen parallel zur Schwenkachse, welche in der virtuellen Lagerstelle 24 gebildet ist. Die virtuelle Lagerstelle 24 kann sich zwischen dem Rotor 1 und der Lagerebene 8, in welcher die Kraftmeßgeber 4 und 5 liegen, befinden (Fig. 1 und 2). Die virtuelle Lagerstelle 24 kann sich jedoch auch im Bereich des Rotors, insbesondere zwischen Ausgleichsebenen 27 und 28 befinden, in welchen der Unwuchtausgleich, beispielsweise durch Anbringen von Ausgleichsgewichten durchgeführt wird (Fig. 5 und 6).

Der Zwischenrahmen 7 ist über den Kraftmeßgeber 5 am ortsfesten Rahmen 6 abgestützt. Der Kraftmeßgeber 5 kann in der senkrecht zur Meßwelle 2 liegenden Lagerebene 8 angeordnet sein. Es ist jedoch auch möglich, den Kraftmeßgeber 5 in axialer Richtung der Meßwelle 2 versetzt in einer anderen Lagerebene anzuordnen. Ferner ist der Zwischenrahmen 7 über ein Stützhebelpaar (Stützhebel 11 und 12) am ortsfesten Rahmen 6 abgestützt. An den Enden sind die Stützhebel 11, 12 mit dem ortsfesten Rahmen 6 gelenkig (Gelenke 15, 16) verbunden und gelenkig (Gelenke 17, 18) bei den Fig. 1, 3, 5 und 7 bis 9 sowie Gelenke 19, 22 bei den Fig. 2, 4 und 6) mit dem Zwischenrahmen 7 verbunden. Der Zwischenrahmen 7 ist als starrer Lagerblock oder starrer und biegeelastischer Lagerahmen ausgebildet.

Bei den Ausführungsformen der Fig. 1 und 2 sowie 5 bis 9 verlaufen die Stützhebel 11 und 12 im wesentlichen parallel zueinander und parallel zur Achse 23 der Meßwelle 2. Die Stützhebel 11 und 12 bilden somit eine Parallelenführung zur im wesentlichen senkrecht zur Achse 23 der Meßwelle 2 gerichteten Krafteinleitung der beim Unwuchtmesslauf sich ergebenden Reaktionskräfte in den Kraftmeßgeber 5.

Bei den beiden Ausführungsformen der Fig. 3 und 4 sind die beiden Stützhebel 11 und 12 in einem spitzen Winkel zueinander angeordnet, dessen Scheitel in der Achse 23 der Meßwelle 2 oder in der Nähe der Achse 23 liegt. Dieser Scheitel bildet eine weitere virtuelle Lagerstelle 25 in einer senkrecht zur Meßwelle 2 sich erstreckenden Lagerebene 10, welche an der Außenseite des Rotors 1 liegt. Auch die virtuelle Lagerstelle 25 hat die Eigenschaft einer Schwenkachse, die senkrecht auf der Achse 23 der Meßwelle 2 und senkrecht auf die Einleitungsrichtung der Krafteinleitung in die Kraftmeßgeber 4 und 5 liegt. Bei den dargestellten Ausführungsbeispielen erfolgt diese Krafteinleitung in der Lagerebene 8. Zur Bildung der Schwenkachseneigenschaft in der jeweiligen virtuellen Lagerstelle 24, 25 verlaufen die Gelenkachsen der Gelenke 15 bis 22 parallel zueinander und senkrecht zur Achse 23 der Meßwelle 2 sowie zur Krafteinleitungsrichtung der Reaktionskräfte in die Kraftmeßgeber 4 und 5 in der Lagerebene 8.

Bei den Ausführungsformen der Fig. 3 und 4 werden zu beiden Seiten des Rotors 2, nämlich an der Innenseite und der Außenseite des Rotors Lagerebenen 9 und 10 mit den virtuellen Lagerstellen 24 und 25 geschaffen. Die virtuellen Lagerstellen 24 und 25 haben die Eigenschaften virtueller Meßorte. Der inneren Lagerstelle 24 zugeordnete Kräfte L werden vom Kraftmeßgeber 5 und der Lagerstelle 25 zugeordnete Kräfte R werden in den Kraftmeßgeber 4 eingeleitet. Die Kraftmeßgeber erzeugen entsprechende Meßgebersignale L' und R'. Daß in den virtuellen Lagerstellen 24 und 25 auch virtuelle Meßorte geschaffen sind, ergibt sich daraus, daß dann, wenn eine aus der Rotorunwucht resultierende Fliehkraft in der linken Lagerebene 9 angreift, ein der

Größe, dieser Fliehkraft proportionales Meßsignal  $L'$  vom Kraftmeßgeber 5 abgegeben wird, während der Kraftmeßgeber 4 kein Signal abgibt. Wenn in der rechten äußeren Lagerebene 10 eine aus der Rotorunwucht resultierende Fliehkraft  $R$  angreift, gibt nur der Kraftmeßgeber 4 ein proportionales Meßsignal  $R'$  ab, während der Kraftmeßgeber 5 kein Signal erzeugt. Hieraus ergibt sich eine fliegende Lagerung, bei welcher die Ausgleichsebenen 27 und 28 am Rotor 1 zwischen den virtuellen Meßorten bzw. virtuellen Meßebenen, welche mit den Lagerebenen 9 und 10 übereinstimmen, sich befinden, wie es in den Fig. 3 und 4 dargestellt ist. Bei einem aus der Rotorunwucht resultierenden Krafteingriff zwischen den Lagerebenen 9 und 10 werden die in diesen Ebenen (virtuelle Meßebene) wirksamen Lagerkräfte entsprechend den Lagerabständen von der Eingriffsstelle aufgeteilt und entsprechende Meßgebersignale von den Kraftmeßgebern 4 und 5 abgegeben.

Bei den Ausführungsformen der Fig. 1 und 2 sowie 5 bis 9 befindet sich die äußere virtuelle Lagerstelle im Unendlichen oder in einer relativ großen Entfernung von einigen Metern, z. B. zwischen etwa 3 bis 20 m und mehr, da durch die Stützhebel 11 und 12 im wesentlichen eine Parallelführung des Zwischenrahmens 7 bewirkt wird. Wird bei diesen Ausführungsformen in der Lagerebene 9 (virtuelle Meßebene) an der virtuellen Lagerstelle (virtueller Meßort) eine aus der Rotorunwucht resultierende Fliehkraft ( $L$  in den Fig. 1 und 2 und  $S$  in den Fig. 5 und 6) eingeleitet, wird diese Kraft nur vom Kraftmeßgeber 5 erfaßt und von diesem ein proportionales Signal  $L'$  bzw.  $S'$  abgegeben. Der Kraftmeßgeber 4 gibt kein Signal ab. Unabhängig vom Abstand der eingeleiteten Fliehkraft wird der Kraftmeßgeber 5 aufgrund der Parallelführung des Zwischenrahmens 7 ein nur der Fliehkraftgröße proportionales Signal abgeben. Der Kraftmeßgeber 4 wird hingegen ein Meßsignal  $M'$  abgeben, welches nicht nur der Fliehkraftgröße und damit der Unwuchtgröße proportional ist, sondern auch dem Abstand der Krafteinleitungsstelle von der Lagerebene 9 bzw. der virtuellen Lagerstelle 24.

Bei den Ausführungsformen der Fig. 1, 3 und 5 sowie der Fig. 7 bis 9 erfolgt die Abstützung des Zwischenrahmens 7 am ortsfesten Rahmen 6 mit Hilfe des aus den Stützhebeln 11 und 12 gebildeten Stützhebelpaares und die Abstützung des rohrförmigen Drehlagers 26 der Meßwelle 2 mit Hilfe des aus den Stützhebeln 13 und 14 gebildeten Stützhebelpaares in axialer Richtung der Meßwelle 2 gesehen hintereinander. Bei den Ausführungsformen der Fig. 2, 4 und 6 erfolgt die Abstützung des Stützrahmens 7 am ortsfesten Rahmen 6 und des Drehlagers 26 der Meßwelle 2 am Zwischenrahmen 7 mit den jeweiligen Stützhebelpaaren 11, 12 und 13, 14 nebeneinander bzw. übereinander. Dabei können die Gelenke 17, 19 und 18, 22 in den gemeinsamen Gelenken 19 und 22 am Zwischenrahmen 7 zusammenfallen, wie es in den Fig. 2, 4 und 6 dargestellt ist.

Die Stützhebel 11 bis 14 können von Flachteilen gebildet werden, die starr und biegesteif ausgebildet sind. Die Flachteile können aus einem Stück gebildet sein, wobei die Gelenke durch linienförmige Schwachstellen, z. B. in Form von Einschnürungen gebildet sind. Wie aus den Fig. 7 bis 9 zu ersehen ist, kann aus dem Stück, welches die Flachteile für die Stützhebel 11 bis 14 bildet, auch eine Halteplatte 33 gebildet sein, welche Bestandteil der Halteinrichtung 29 ist. Die Halteplatte 33 ist fest mit dem rohrförmigen Drehlager 26, beispielsweise durch Schweißen verbunden. Zusätzlich kann als Bestandteil der Halteinrichtung 29 noch ein Stützwinkel 34 vorgesehen sein, der ebenfalls durch beispielsweise Schweißen fest mit der Halteplatte 3 und dem Drehlager 26 verbunden ist. In den Figuren ist der obere Stützwinkel 34 dargestellt. Es kann zusätzlich auch ein un-

terer Stützwinkel noch vorgesehen sein. Der obere und untere Stützwinkel können auch aus einem Winkelstück bestehen, bei dem das Drehlager 26 durch eine Öffnung in dem Winkelstück geführt und fest, z. B. durch Schweißen mit dem Winkelstück verbunden ist. Hierdurch wird eine starre und biegesteife Verbindung der Halteinrichtung 29 mit dem Drehlager 26 zwischen den beiden Gelenken 20 und 21 geschaffen. Die Gelenke 20 und 21 befinden sich zwischen den beiden Stützhebeln 13 und 14 und der Halteplatte 33.

Aus dem einen Stück, aus dem die Flachteile für die Stützhebel 11 bis 14 gebildet sind, können ferner Befestigungsplatten 37, 38 und 40, 41 gebildet sein. Die Befestigungsplatten 37, 38 sind fest, beispielsweise durch Schraubverbindungen oder anderweitig mit dem ortsfesten Rahmen 6 verbunden. Die Befestigungsplatten 37 und 38 bilden die Befestigungsstellen für das aus den Stützhebeln 11 und 12 gebildeten Stützhebelpaar, mit welchem der Zwischenrahmen 7 am ortsfesten Rahmen 6 abgestützt ist. Zwischen den Befestigungsplatten 37 und 38 und den Flachteilen, welche die Stützhebel 11 und 12 bilden, sind die durch die linienförmigen Schwachstellen bzw. Einschnürungen gebildeten Gelenke 15 und 16 vorgesehen. Die Schwachstellen haben einen konkaven, insbesondere halbkreisförmigen Querschnitt.

Ferner sind aus dem einen Stück die beiden Befestigungsplatten 40 und 41 gebildet, welche fest, beispielsweise durch Schraubverbindungen, Schweißen oder dergleichen, mit Seitenflächen des Zwischenrahmens 7 verbunden sind. Zwischen den beiden Befestigungsplatten 40 und 41 und den Stützhebeln 11 und 12 sind durch die Schwachstellen bzw. Einschnürungen die Gelenke 17 und 18 gebildet. Zwischen den Flachteilen, welche die Stützhebel 13 und 14 bilden, sind durch Schwachstellen bzw. Einschnürungen die Gelenke 19 und 22 gebildet.

Auf diese Weise läßt sich aus einem Stück praktisch die gesamte Lagerung 3, mit welcher die Meßwelle 2 am ortsfesten Rahmen 6 abgestützt ist und welche die virtuellen Lagerstellen und Meßorte vorgibt, bilden.

Die parallel Führung des Zwischenrahmens 7 am ortsfesten Rahmen ergibt sich im wesentlichen dadurch, daß die Grundlinien der konkaven Einschnürungen 15, 17 und 16, 18 zu beiden Seiten der Stützhebel 11 und 12 etwa in parallelen Ebenen 35 und 36 liegen, in denen die Führungsfunktion der beiden Stützhebel 11 und 12 erreicht wird. Die jeweiligen Einschnürungen 15, 17 und 16, 18 befinden sich an gegenüberliegenden Flächen der die Flachteile bildenden Stützhebel 11 und 12. Die Stützhebel 11 und 12 sind in einem äußerst spitzen Winkel zueinander geneigt, wobei jedoch, wie schon erläutert die Parallelenkerführung durch Führungsfunktion in den parallelen Ebenen 35 und 36 erzielt wird. Hierdurch können den Fig. 1 und 5 entsprechende Meßanordnungen erreicht werden. Um eine der Fig. 3 entsprechende Meßanordnung zu erreichen, können die Stützhebel 11 und 12 in einem entsprechend größeren Winkel zueinander geneigt werden.

Wie ferner aus der Fig. 8 ersichtlich ist, sind die beiden Kraftgeber 4, 5 in einer Wirklinie angeordnet, wobei der Kraftmeßgeber 4 zwischen dem Drehlager 6 und der Innenseite des Zwischenrahmens 7 und der Kraftmeßgeber 5 zwischen der Außenseite des Zwischenrahmens 7 bzw. der Befestigungsplatte 41 (Fig. 9) und dem ortsfesten Rahmen 6 angeordnet sind.

Für den Antrieb der Meßwelle 2 ist ein Elektromotor 30 vorgesehen, welcher über einen Riementrieb 31 die Meßwelle antreibt. Der Motor 30 ist am Drehlager 26 über einen Auslegerarm 32 gelagert. Durch diese Lagerung wird das Meßergebnis aus vom Motorantrieb resultierenden Störungen nicht beeinflusst.

In axialer Richtung gesehen, wird eine kompakte Lage-

rung 3 für die Meßwelle 2 am ortsfesten Rahmen 6 geschaffen. Hieraus ergeben sich im Zusammenhang mit der reduzierten Kräftedynamik insbesondere bei fliegender Lagerung der Meßwelle 2 eine Verringerung des Einflusses von Empfindlichkeitsänderungen der Kraftaufnehmer, beispielsweise in Folge unterschiedlicher Einwirkungen von Temperatur, Alterung, Schlag, Überlastung, Transportschüttungen und Feuchtigkeit, eine verringerte Notwendigkeit für den Austausch der Kraftmeßgeber, von Nachjustagen der Meßanordnung nach Transport und Aufstellung der Maschine, verringerte Servicekosten, verbesserte Meßgenauigkeit, verringerte Anforderungen an die Auflösung der AD-Wandler bei der Digitalisierung der analogen Meßsignale und ein großer virtueller Abstand der Meßebenen trotz der kompakten Bauweise. Trotz fliegender Lagerung der Meßwelle erreicht man eine reduzierte Kräftedynamik ähnlich der einer Meßanordnung mit zwei Lagerstellen, zu beiden Seiten des Rotors.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Rotor
- 2 Meßwelle
- 3 Lagerung
- 4 Kraftmeßgeber
- 5 Kraftmeßgeber
- 6 ortsfester Rahmen
- 7 Zwischenrahmen
- 8 Lagerebene
- 9 Lagerebene
- 10 Lagerebene
- 11 Stützhebel
- 12 Stützhebel
- 13 Stützhebel
- 14 Stützhebel
- 15 Gelenk
- 16 Gelenk
- 17 Gelenk
- 18 Gelenk
- 19 Gelenk
- 20 Gelenk
- 21 Gelenk
- 22 Gelenk
- 23 Meßwellenachse
- 24 virtuelle Lagerstelle
- 25 virtuelle Lagerstelle
- 26 Drehlager
- 27 Ausgleichsebene
- 28 Ausgleichsebene
- 29 Halteeinrichtung
- 30 Elektromotor
- 31 Riementrieb
- 32 Auslegerarm
- 33 Halteplatte
- 34 Stützwinkel
- 35 parallele Ebene
- 36 parallele Ebene
- 37 Befestigungsplatte
- 38 Befestigungsplatte
- 40 Befestigungsplatte
- 41 Befestigungsplatte

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Messung von Kräften, welche durch eine Unwucht eines Rotors erzeugt werden mit
  - einer in einem Drehlager drehbar um ihre Achse gelagerten Meßwelle, an welcher der Rotor

für die Messung befestigt ist, und

- einer Kraftmeßgeber aufweisenden Lagerung der Meßwelle an einem ortsfesten Rahmen, dadurch gekennzeichnet, daß

- die Lagerung (3) einen Zwischenrahmen (7) aufweist, an welchem die Meßwelle (2) in einer Kraftmeßgeber (4) aufweisenden Lagerebene (8) abgestützt ist,
- der Zwischenrahmen (7) am ortsfesten Rahmen (6) über einen weiteren Kraftmeßgeber (5) abgestützt ist und
- die Meßwelle (2) am Zwischenrahmen (7) und der Zwischenrahmen (7) am ortsfesten Rahmen (6) ferner in jeweils einer virtuellen Lagerstelle (24, 25) abgestützt sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kraftmeßgeber (4, 5) in Lagerebenen im Bereich des starren Zwischenrahmens (7) angeordnet sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kraftmeßgeber (4, 5) in einer gemeinsamen Lagerebene (8) liegen.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Zwischenrahmen (7) am ortsfesten Rahmen (6) und die Meßwelle (2) am Zwischenrahmen (7) in der Weise gelagert sind, daß die in die Kraftmeßgeber (4, 5) eingeleiteten Kräfte in einer Ebene liegen und parallel, insbesondere coaxial, zueinander ausgerichtet sind.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die virtuellen Lagerstellen (24, 25) außerhalb der Ausgleichsebenen (27, 28) liegen.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die virtuellen Lagerstellen (24, 25) in ihren Schnittpunkten mit der Meßwelle (2) virtuelle Meßorte bzw. Meßebenen bilden.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die virtuellen Lagerstellen (24, 25) linienförmig ausgebildet sind und senkrecht zur Meßwellenachse (23) verlaufen.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßwelle (2) am Zwischenrahmen (7) in einer zweiten die virtuelle Lagerstelle (24) aufweisenden Lagerebene (9) abgestützt ist und der Zwischenrahmen (7) in der den Kraftmeßgeber (5) aufweisenden Lagerebene (8) und mit Parallelführung am ortsfesten Rahmen (6) abgestützt ist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Lagerung (3) nur eine virtuelle Lagerstelle (24) aufweist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die eine virtuelle Lagerstelle (24) zwischen den Ausgleichsebenen (27, 28) liegt.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die eine virtuelle Lagerstelle (24) zwischen dem Rotor (1) und dem ortsfesten Rahmen (6) liegt.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß zwei virtuelle Lagerstellen (24, 25) beidseits des Rotors (1) vorgesehen sind.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Zwischenrahmen (7) über ein erstes Stützhebelpaar (11, 12) und Gelenke (15-18) am ortsfesten Rahmen (6) und die Meßwelle (2) über ein zweites Stützhebelpaar (13, 14) und Gelenke (19-22) am Zwischenrahmen (7) abgestützt sind

und daß die Achsen der jeweiligen Gelenke (15–22) im wesentlichen senkrecht zu der Richtung verlaufen, in welcher die in die Kraftmeßgeber (4, 5) eingeleiteten Kräfte wirksam sind und senkrecht zur Achse (23) der Meßwelle (2) liegen.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Stützhebel (11, 12) des ersten Stützhebelpaares parallel oder in einem Winkel, dessen Scheitel im wesentlichen in der Achse (23) der Meßwelle (2) liegt, angeordnet sind.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Stützhebel (11–14) durch biegesteife Flachteile gebildet sind, die zwischen den zugeordneten Gelenken (15–22) angeordnet sind.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die die Stützhebel (11–14) bildenden Flachteile mit ihren Flächen in der gleichen Ebene liegen wie die Achsen der zugeordneten Gelenke (15–22).

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Stützhebel (11 bis 14) und die Gelenke (15 bis 22) aus einem Stück gebildet sind, wobei die Gelenke (15 bis 22) als linear verlaufende Schwachstellen ausgebildet sind.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine der beiden virtuellen Lagerstellen (24, 25) gegenüber der Achse (23) der Meßwelle (2) auf die Seite zu versetzt ist, auf welcher der jeweils zugeordnete Kraftmeßgeber (4, 5) liegt.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstützung der Meßwelle (2) im Zwischenrahmen (7) und die Abstützung des Zwischenrahmens (7) am ortsfesten Rahmen (6) in axialer Richtung der Meßwelle (2) gesehen hintereinander (Fig. 1, 3, 5 bis 9) oder nebeneinander (Fig. 2, 4, 6) liegen.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß das Drehlager (26) mit einer biegesteifen Halteeinrichtung (29) im axialen Abstand zur Lagerebene (8), in welcher die Kraftmeßgeber (5, 6) liegen, fest verbunden ist und daß die Halteeinrichtung (29) über zwei im Winkel zueinander angeordnete Stützhebel (13, 14) und die Gelenke (19 bis 22) am Zwischenrahmen (8) abgestützt ist.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Gelenke (15–22) bildenden Schwachstellen einen konkaven Querschnitt aufweisen.

22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Gelenke (15–22) bildenden Schwachstellen als Linearperforationen ausgebildet sind.

---

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

---

55

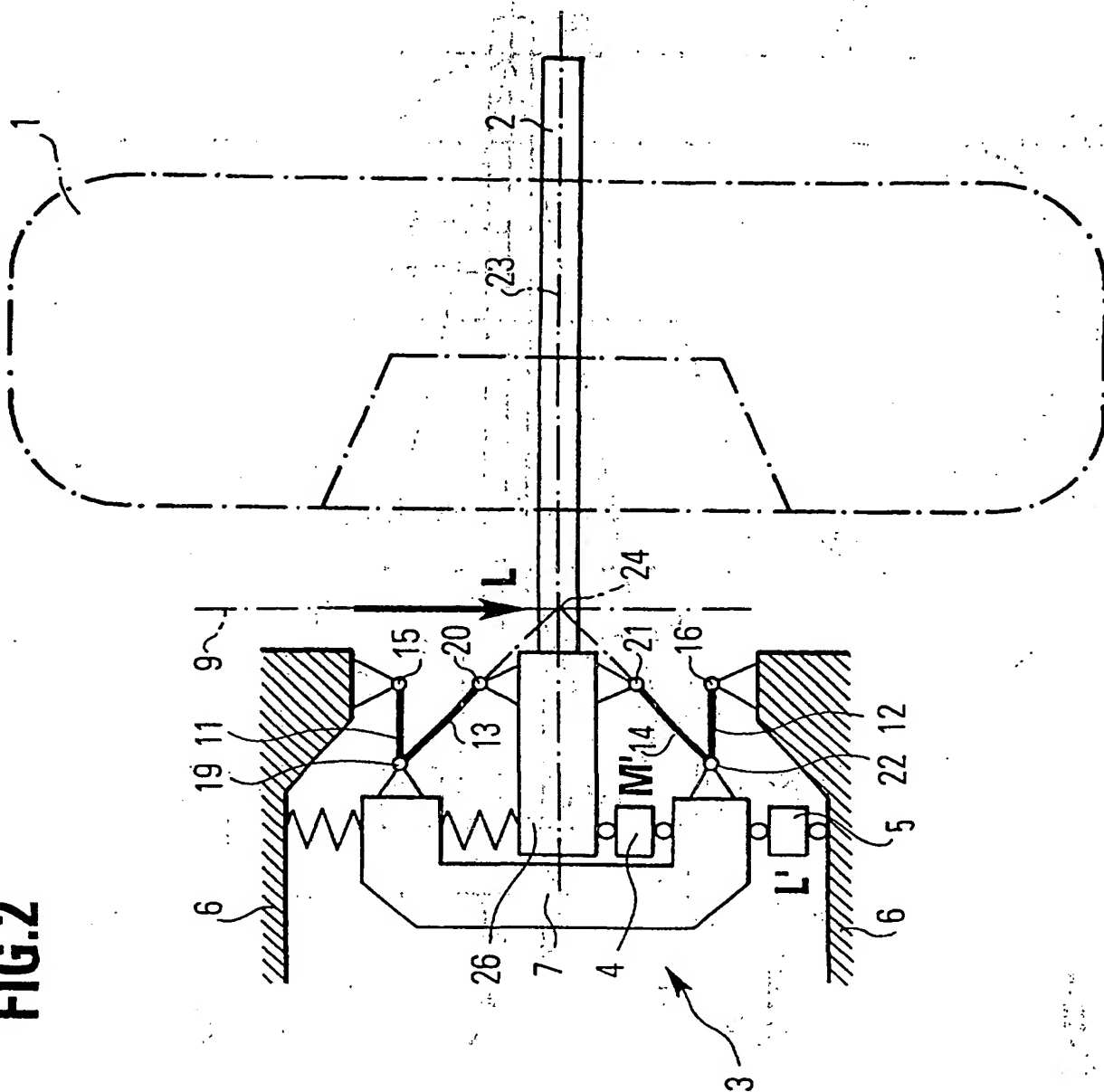
60

65

- Leerseite -

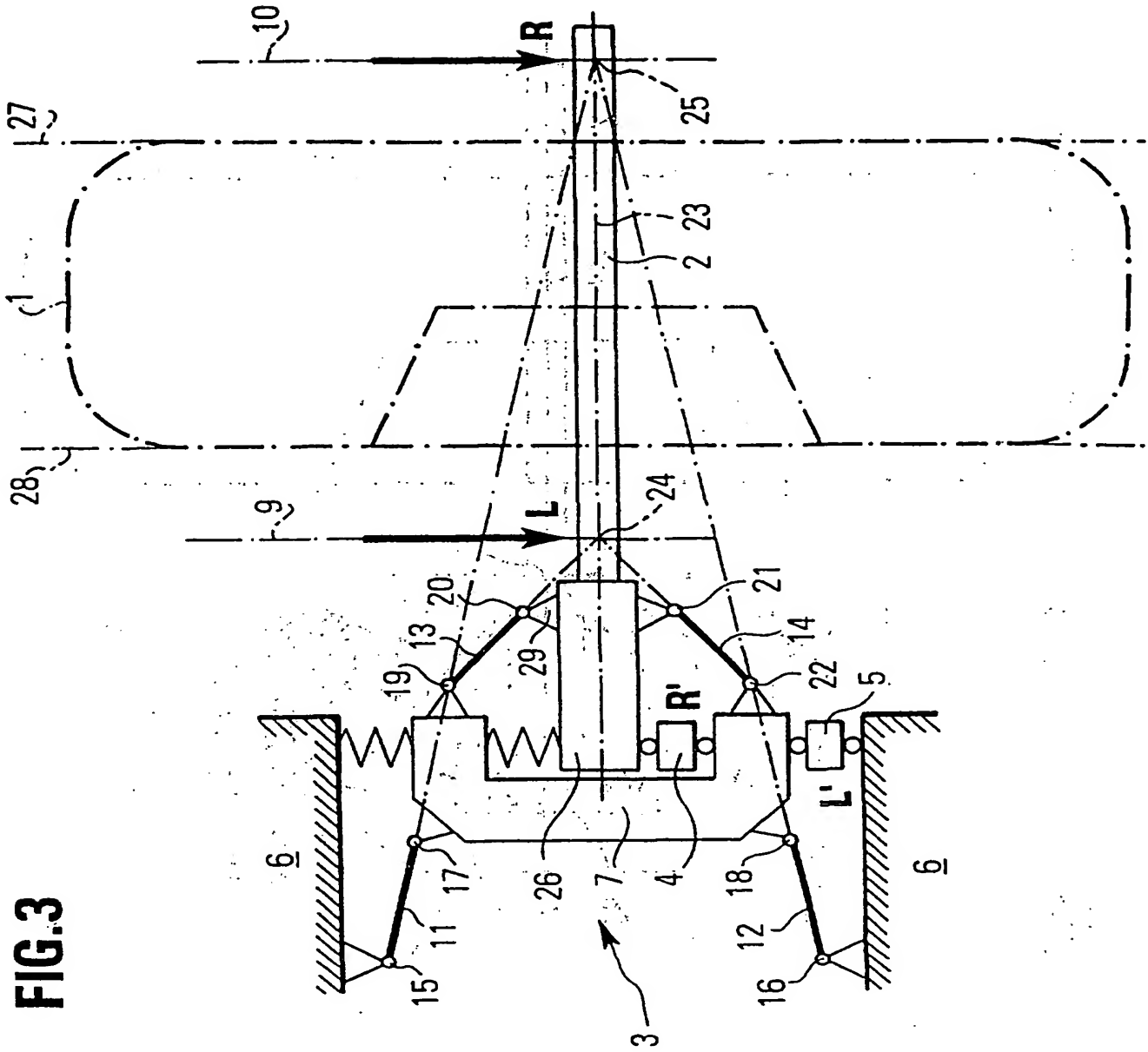
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

FIG.2





**FIG. 3**



**FIG. 4**

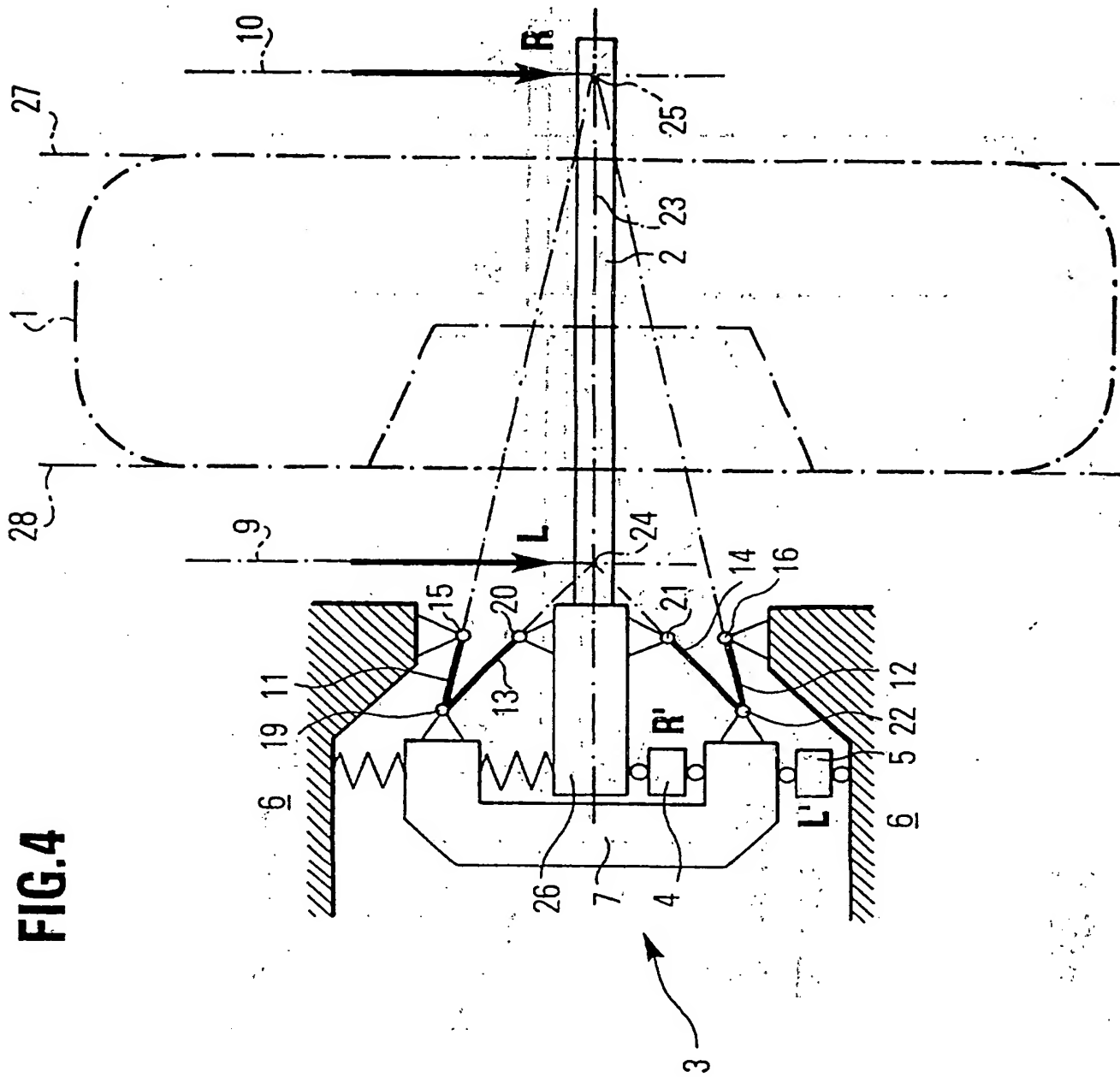


FIG.5

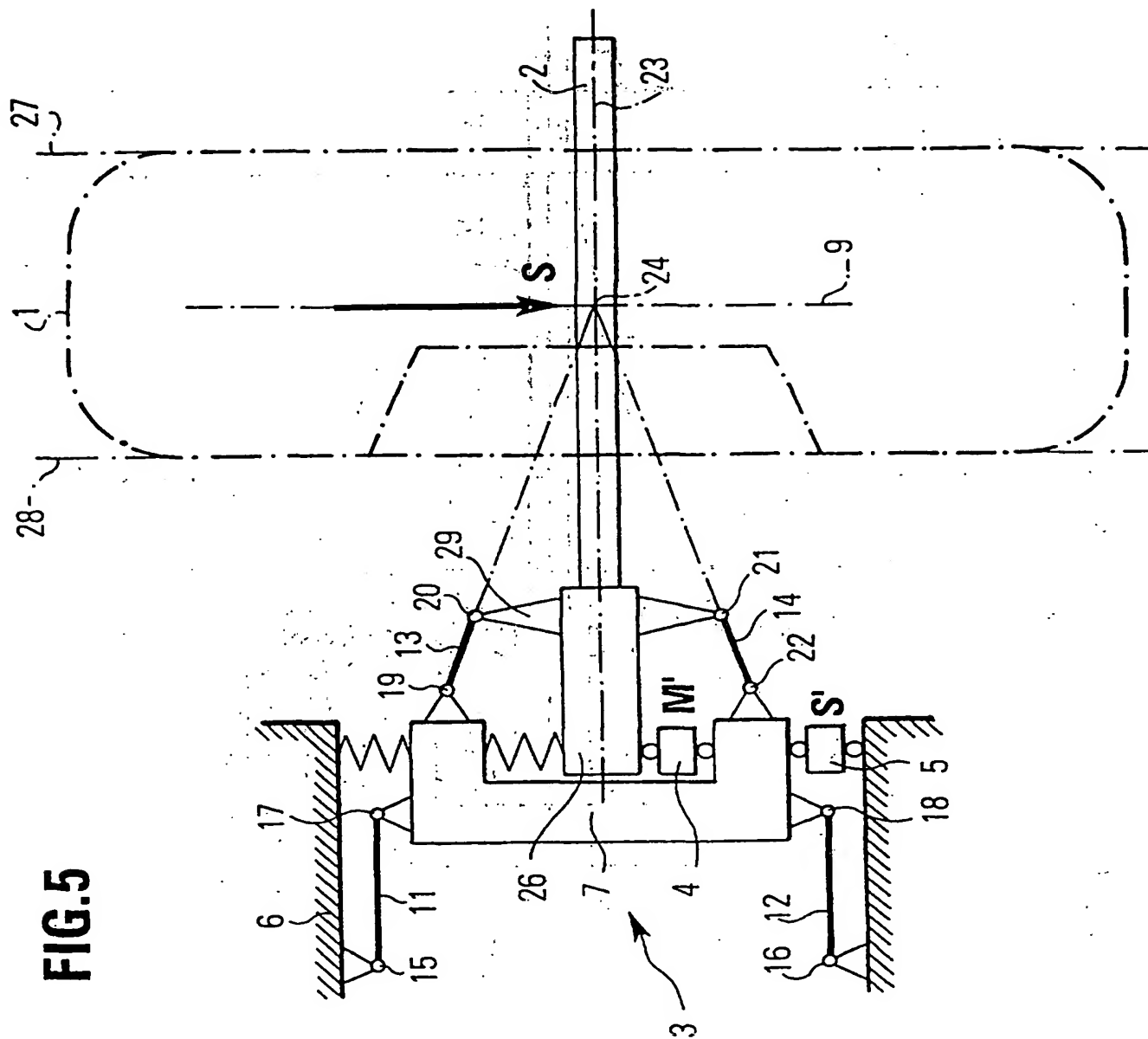


FIG.6

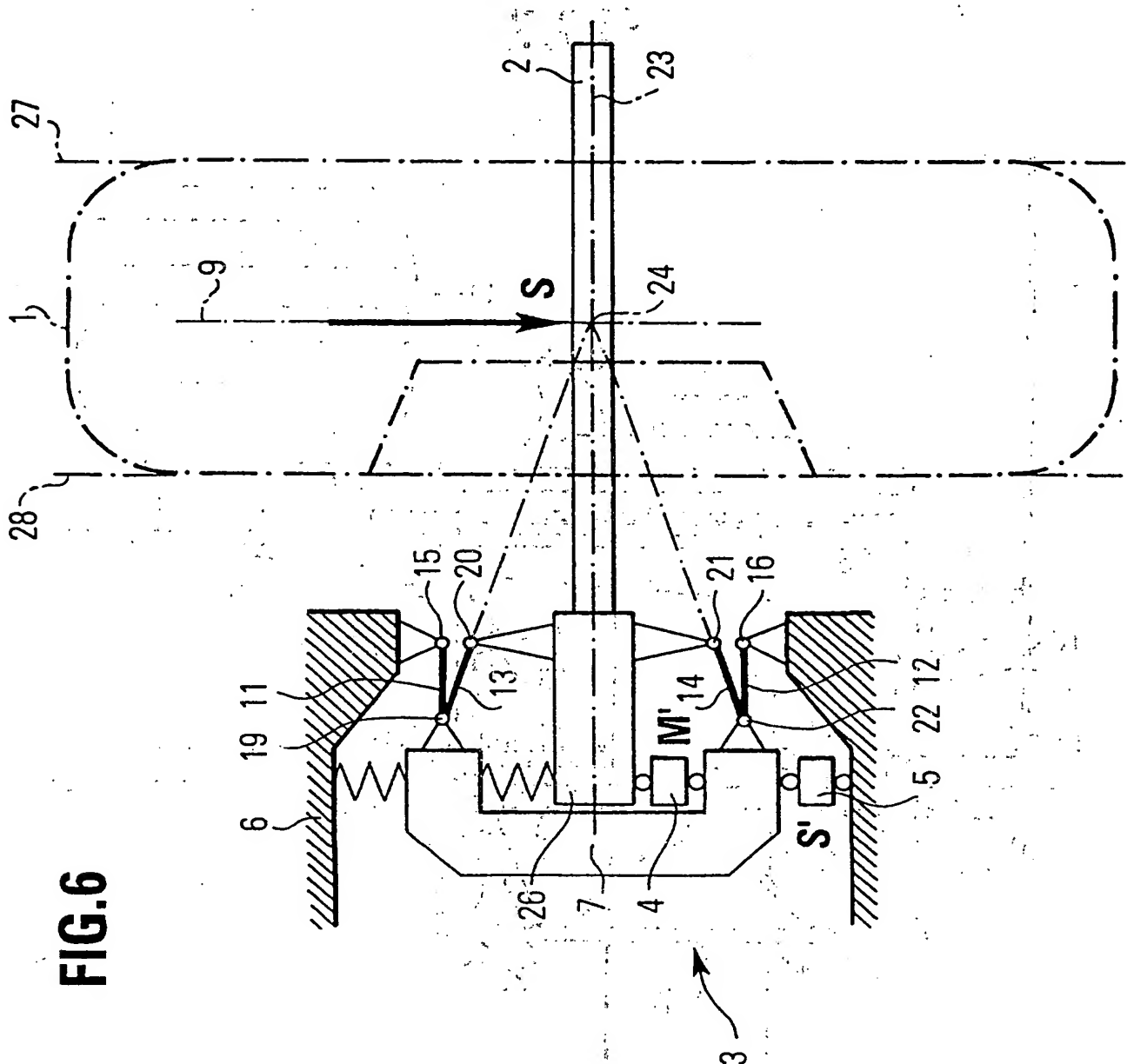


FIG. 7

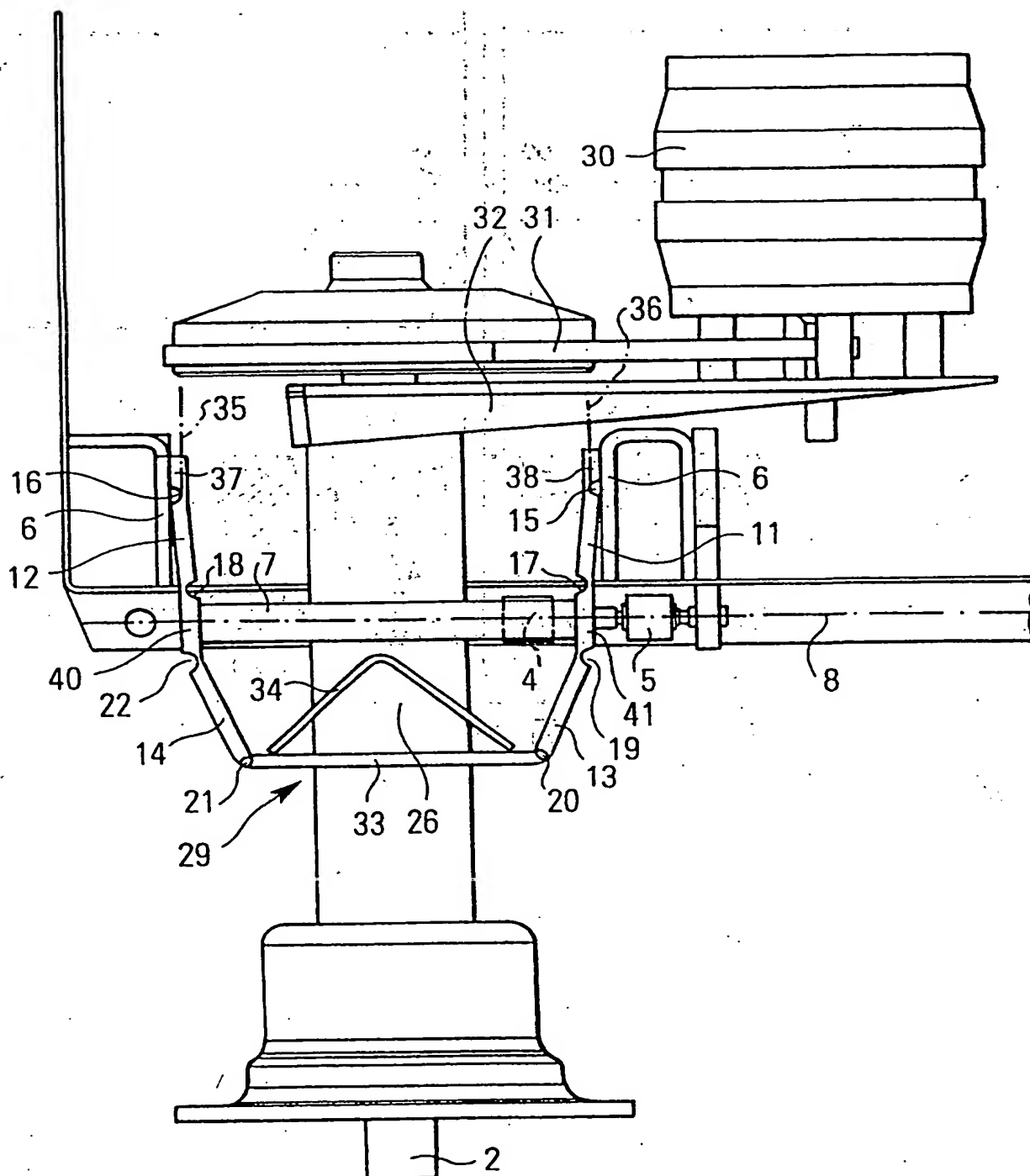
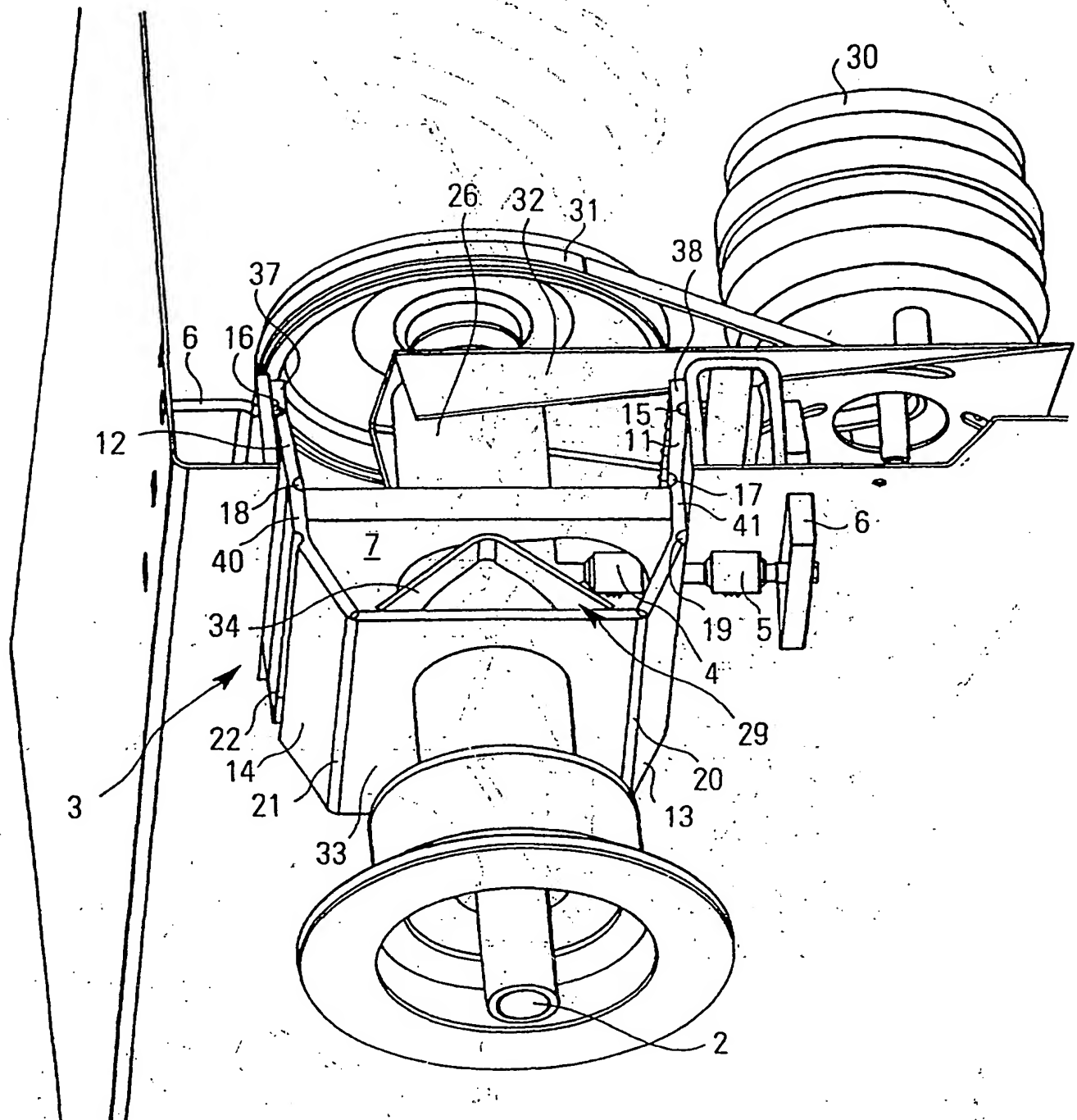


FIG. 8



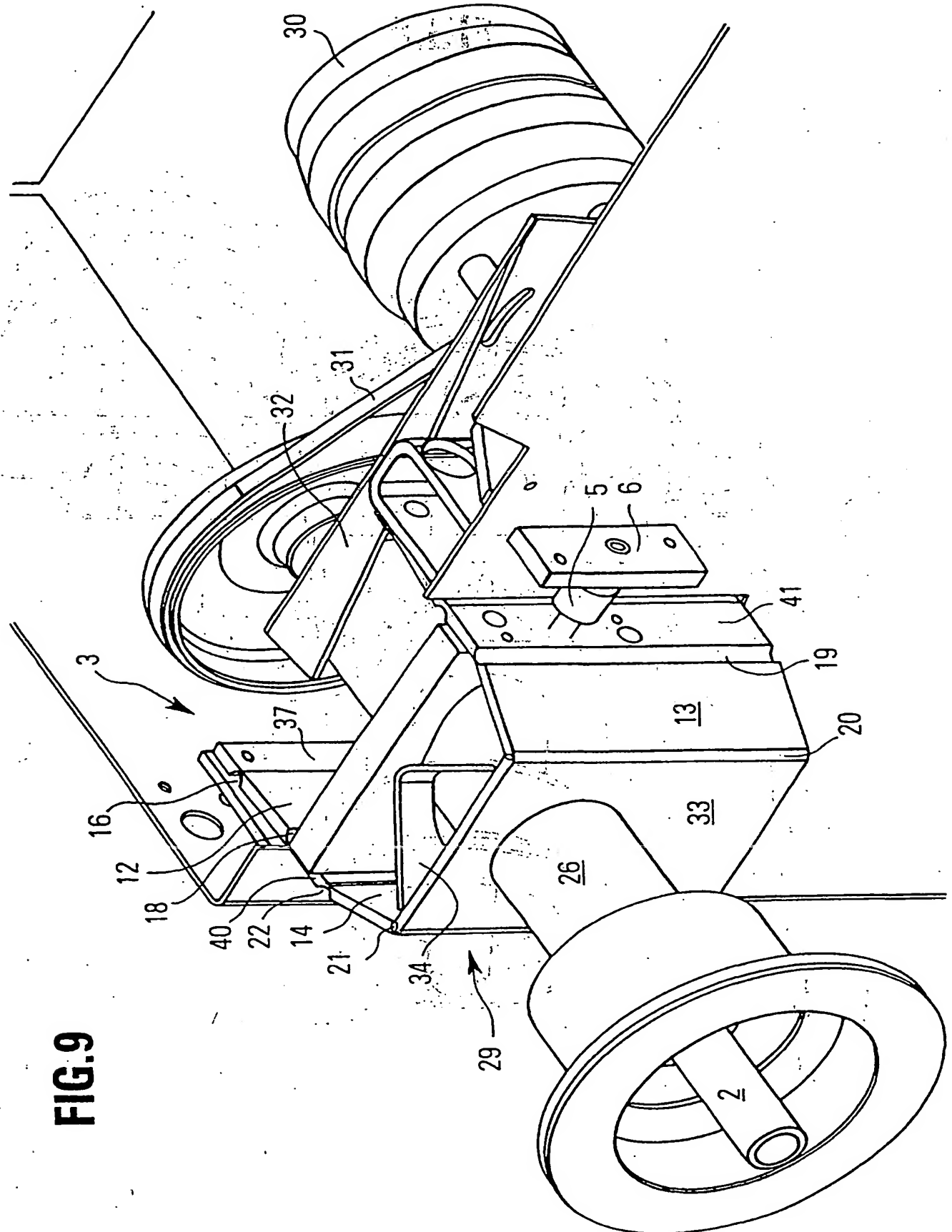


FIG. 9

**FIG. 1**

